

УДК 633.353:631.543.2'3

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ КОРМОВЫХ БОБОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПОСЕВА И НОРМЫ ВЫСЕВА

Г.Г.ГАТАУЛИНА, З.Я.ВАЛИЕВ

(Кафедра Растениеводства)

В полевых опытах в 1989—1991 гг. на полях ТСХА изучали влияние двух способов сева (широкорядный и обычный рядовой) и четырех норм высева (0,8; 0,6; 0,4 и 0,2 млн/га) кормовых бобов с ограниченным ростом (сорт Альфред) на их рост, развитие и урожай. Наблюдения проводились по периодам развития. Посев кормовых бобов как фотосинтезирующая система наиболее интенсивно функционирует во II (цветение — образование плодов) и III (рост плодов) периоды. На фотосинтетическую деятельность и другие показатели формирования урожая сильно влияют метеорологические факторы, особенно влагообеспеченность, а также норма высева и способ сева. В Центральном районе Нечерноземной зоны России для кормовых бобов с ограниченным ростом рекомендуется при широкорядном способе сева норма высева 0,6 млн/га, при обычном рядовом — 0,8 млн/га. В благоприятном по влагообеспеченности году (1990 г.) урожай семян составил в этих вариантах 37,6 и 38,0 ц/га.

Сорта кормовых бобов с недетерминантным типом роста характеризуются нестабильной урожайностью. При недостатке влаги у них резко снижается урожайность, а во влажные годы — чрезмерно увеличивается вегетативная масса и удлиняется период вегетации [1, 8, 9]. Короткостебельные сорта с ограниченным ростом, к которым относится голландский сорт Альфред, в значительной мере лишены многих из указанных недостатков. Сорт Альфред широко возделывается в странах За-

падной Европы и завезен в Россию. По мнению В.И.Летуновского [5], он отвечает требованиям интенсивного земледелия: обладает высокой потенциальной урожайностью — 80 ц семян на 1 га, устойчивостью к полеганию, дружностью созревания и самодесикацией — опадением листьев при созревании.

В нашей стране исследовательская работа с кормовыми бобами в основном проводилась в 60-е годы. Однако в условиях Нечерноземья России совсем

не изучались особенности формирования урожая, фотосинтетической деятельности и потребления элементов питания у сортов с ограниченным ростом. Очень мало имеется сведений о нормах высева и способах посева кормовых бобов [2, 6].

В работах зарубежных авторов рекомендуются широкорядный посев кормовых бобов с междурядьями 45—50 см и нормой высева 30—40 семян на 1 м², а также обычный рядовой способ посева с расстоянием между рядами от 14 до 26 см при густоте стояния 50—60 растений на 1 м² в зависимости от условий выращивания и сорта [8—11].

Цель нашей работы — изучить особенности роста, развития, фотосинтетической деятельности, потребления элементов питания и продуктивность кормовых бобов с ограниченным ростом (на примере сорта Альфред) при разных способах посева и нормах высева в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России.

Методика

Полевые опыты проводили в 1989—1991 гг. на полевой станции лаборатории растениеводства Тимирязевской академии. Почва дерново-подзолистая, средний пылеватый суглинок, пахотный слой — 22—25 см, рН_{пол} — 5,5—6,0; содержание гумуса по Гюри-ну — 2—2,5%, легко гидролизуемого азота — 6—8 мг, фосфора — 21—22 мг, калия — около 10 мг на 100 г.

В опыте изучали 2 способа посева: обычный рядовой с нормами высева 0,8, 0,6 и 0,4 млн всхожих семян на 1 га; широкорядный с междурядьями 45 см и нормами высева 0,6, 0,4 и 0,2 млн/га. Опыт был заложен в 4-кратной повторности, распределение вариантов рендомизированное, площадь делянок — 32 м².

Фенологические наблюдения вели по методике Госсортосети, определяли

густоту стояния растений в фазу полных всходов, во время цветения и в период созревания на каждой делянке. Растительные пробы из 15 растений отбирали с каждой делянки опыта в 4-кратной повторности. В этих пробах определяли: высоту растений, массу клубеньков после отмывания корневой системы, накопление зеленой массы и сухого вещества, содержание сухого вещества в сырой массе, листовую поверхность — весовым методом, фотосинтетический потенциал (ФП) и чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) — по А.А.Ничипоровичу; содержание азота — по Кьельдалю, фосфора — фотокалориметрическим способом, калия — на пламенном фотометре. Количество белка находили расчетным способом (6,25хN).

Элементы структуры урожая анализировали по пробным снопам из 25 растений с каждой делянки. Учитывали количество бобов и семян, массу семян. Урожай убирали сплошным методом. Полученные данные приводили к стандартной 14% влажности и 100% чистоте.

Статистическую обработку материалов проводили методом дисперсионного анализа на ЭВМ.

Метеорологические условия в годы исследований были различными и отклонялись от средних многолетних. Высокие температуры и недостаток влаги в период цветения и налива бобов в 1989 г., а также в течение всей вегетации в 1992 г. резко снизили урожай. В 1989 г. в указанный период температура воздуха была на 2—5°C выше средней многолетней, а количество осадков ниже на 5—10 мм. Подобное наблюдалось и в 1991 г., но в меньшей степени. Наиболее благоприятными были условия вегетации 1990 г., хотя в начальные фазы развития растений все же ощущался недостаток тепла (среднесуточная температура в этот период была ниже среднепогодной на 2—3°C). Количество осадков в этом году превышало норму.

Особенности роста и развития

По густоте стояния растений различия вариантов опыта были такими же, как и по нормам высева. Полевая всхожесть составила 86—90%, выживаемость к концу вегетации — 92—97%.

Начиная с фазы цветения отмечалась яркость в наступлении фаз на растениях снизу вверх, что затрудняло разграничение отдельных фаз в посеве, особенно в вариантах с меньшей густотой стояния. В связи с этим динамику процессов развития целесообразнее рассматривать не по фазам, а по периодам. Биологически обоснованные периоды ранее были выделены для люпина белого, что позволило подойти к анализу развития посева как динамической системы, рассматривая отдельные периоды как подсистемы [3]. Аналогичные периоды были определены и для кормовых бобов. Время фотосинтетически активной деятельности растений в посеве разделено на 4 периода (в периоды посев — всходы и созревание — после усыхания и опадения листьев — фотосинтез отсутствует):

I — всходы — начало цветения;
 II — цветение и образование плодов (от начала цветения до момента опадения

верхних цветков или завязывания плодов у них); III — рост бобов (от завязывания плодов из верхних цветков до достижения ими наибольших размеров; при этом сырая и сухая масса створок плодов становится максимальной за вегетацию); IV — налив семян (окончание налива определяется достижением семенами максимальной сухой массы, что фенологически совпадает с пожелтением корешка зародыша и началом восковой спелости семян).

Продолжительность вегетации сорта Альфред изменялась от 96 до 137 дней в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода (табл. 1). Наименьшей она была в 1989 г. из-за сухой и жаркой погоды — 91—106 дней по вариантам опыта. В прохладном и влажном 1990 г. продолжительность вегетации достигала 144 дней. Более густые посевы во все годы исследований созревали в среднем на 7—11 дней раньше. Растения в широкорядных посевах при одинаковой норме высева в среднем за 3 года созревали на 4—6 дней позже, чем в обычных рядовых.

В более густых посевах кормовые бобы были более высокорослыми (рис. 1), при этом максимальная их высота отмечалась к концу III периода (рост бобов).

Таблица 1

Продолжительность периодов развития кормовых бобов (дни) при обычном рядовом способе посева и норме высева 0,6 млн/га

Год	Период							
	посев- всходы	I — всходы — начало цветения	II — цветение и образова- ние бобов	III — рост бобов	IV — налив семян	созрева- ние	Всхо- ды — созрева- ние	По- сев — созрева- ние
1989	16	29	13	14	14	8	78	96
1990	21	43	20	21	20	12	116	137
1991	13	33	15	19	16	14	97	110
В сред- нем								
за 3 года	17	35	16	18	17	11	97	114

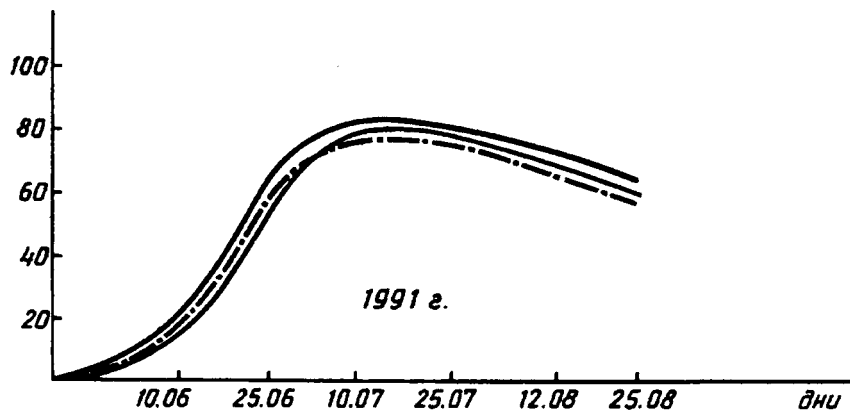
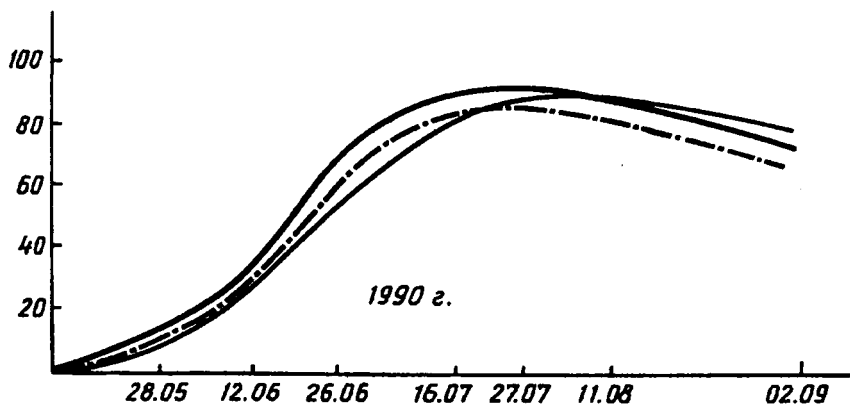
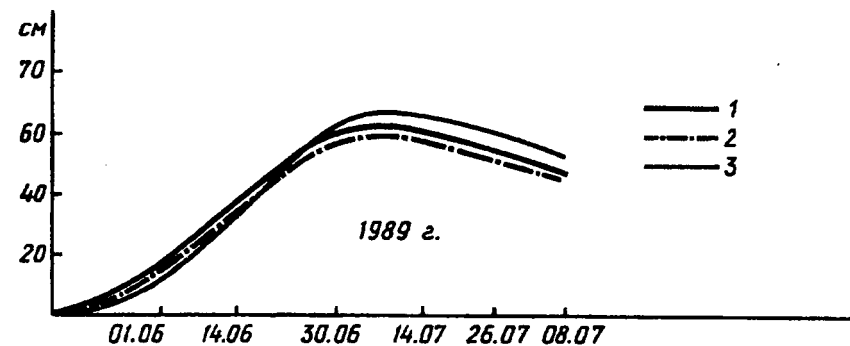


Рис. 1. Рост растений в высоту.
 1 и 2 — обычный рядовой посев с нормами посева соответственно 0,8 и 0,4 млн/га,
 3 — широкорядный посев с нормой высева 0,2 млн/га.

Во влажном 1990 г. значение этого показателя было более чем в 2 раза выше по сравнению с засушливым 1989 г. (92 и 43 см).

Рост растений в высоту в основном заканчивался к концу II периода, когда завершилось образование плодов на верхних ярусах. В среднем за 3 года высота кормовых бобов составила 76 см при наибольшей норме высева и 65 см — при наименьшей. Прирост за III период в тех же вариантах был равен 2 и 6 см. Среднесуточные приросты в высоту (от 0,7 до 1,6 см в разные годы) сильно зависели от влагообеспеченности и температурных условий периода, особенно во время цветения и образования плодов. В I период наибольшие приросты отмечены в посевах с высокими нормой высева и густотой стояния, а во II и III — с низкими.

Фотосинтетическая деятельность растений в посевах

Площадь листьев сильно изменялась в зависимости от нормы высева (табл. 2).

В среднем за 3 года как при обычном рядовом, так и широкорядном способах

Таблица 2

Площадь листьев (тыс.м²/га) на конец периода (в среднем за 1989—1991 гг.)

Норма высева, млн/га	Период			
	I	II	III	IV
0,8	25	42	35	11
0,6	15	31	22	5
0,6	20	33	29	9
0,4	11	25	19	5
0,4	16	25	25	7
0,2	8	18	17	5

Примечание. В этой и во всех остальных таблицах в числителе — обычный рядовой посев, в знаменателе — широко-рядный.

загущенные посевы имели наибольшую листовую поверхность, а при одинаковой норме высева обычный рядовой посев превосходил по этому показателю широко-рядный. Наибольшей площади листьев посевы достигали к концу II периода — она изменялась в среднем за 3 года по вариантам опыта от 18 до 42 тыс. м²/га. Однако при небольшой густоте значение этого показателя оставалось высоким и в III период. При наливе семян площадь листьев быстро сокращалась.

Сильное влияние на листовую поверхность оказывали метеорологические условия во время вегетации (табл. 3).

Таблица 3

Площадь листьев (тыс.м²/га) на конец периода

Норма высева, млн/га	Период			
	I	II	III	IV
1989 г.				
0,8	28	41	36	9
0,6	16	24	18	4
0,6	23	35	23	5
0,4	11	20	16	3
0,4	20	29	25	5
0,2	8	15	15	3
1990 г.				
0,8	18	50	40	16
0,6	16	42	17	7
0,6	16	37	38	14
0,4	12	34	13	5
0,4	13	26	34	12
0,2	9	24	18	10
1991 г.				
0,8	30	35	30	7
0,6	12	27	31	5
0,6	21	28	20	8
0,4	10	21	28	7
0,4	14	20	16	3
0,2	7	15	18	2

Основные показатели фотосинтетической деятельности посевов кормовых бобов
(1989—1991 гг.)

Норма высева, млн/га	Высота растений, см	Максимальная площадь листьев, тыс.м ² /га	ФП, тыс.м ² ·дн/га	ЧПФ, г/м ² ·сут	Максимальное накопление массы, ц/га		Хлоз (по биолог. урожаю)
					зеленой	сухой	
0,8	78	42	2082	3,49	337	72	0,46
0,6	73	31	1367	3,53	225	46	0,50
0,6	74	33	1732	3,71	282	64	0,45
0,4	73	25	1168	3,68	184	41	0,49
0,4	72	25	1368	4,37	232	59	0,46
0,2	72	18	992	4,25	152	40	0,49

В I период (до цветения) площадь листьев быстрее нарастала в 1989 и 1991 гг. по сравнению с 1990 г. Этому способствовал более благоприятный температурный режим. Однако из-за недостатка влаги в эти годы в период цветения и образования бобов она оказалась на 30—40% меньше, чем во влажном 1990 г.

Чем больше норма высева и соответственно густота стояния растений, тем интенсивнее увеличивалась площадь листьев в первой половине вегетации, тем больше она была на конец периода и в среднем за период. В среднем за 3 года значение данного показателя во II и III периоды при норме высева 0,8 млн было равно 34—39 тыс.м²/га, т.е. в 3 раза больше, чем в предшествующий период, а при наименьшей норме высева 0,2 млн/га — всего 13—18 тыс.м²/га, хотя по площади листьев одного растения этот вариант превосходил все остальные.

С увеличением нормы высева увеличивался и фотосинтетический потенциал (ФП), хотя площадь листьев одного растения уменьшалась. В среднем за 3 года общий ФП за вегетацию составлял в крайних вариантах (0,8 и 0,2 млн/га) соответственно 2082 и 992 тыс. м²·дн/га. При этом обычный рядовой посев имел некоторое преимущество перед

широкорядным при одинаковой норме высева (табл. 4).

Если сравнивать по периодам, то максимальное значение ФП посевов приходилось на III период (рост бобов) во всех вариантах. В среднем ФП за этот период составлял 375—669 тыс.м²·дн/га в зависимости от густоты стояния растений. Его снижение, так же как и уменьшение площади листьев, происходит в период налива семян, когда начинается усыхание листьев.

Метеорологические условия влияли

Таблица 5

Формирование урожая семян (кг)
на 1 тыс. единиц ФП

Норма высева, млн/га	1989 г.	1990 г.	1991 г.	Среднее
0,8	0,63	1,43	1,35	1,19
0,6	0,85	2,06	1,66	1,65
0,6	0,72	1,45	1,31	1,21
0,4	1,05	1,97	1,40	1,64
0,4	0,82	1,47	1,62	1,32
0,2	1,05	1,13	1,32	1,17

на значение ФП. Так, в условиях благоприятного вегетационного периода 1990 г. в варианте с максимальной нормой высева при обычном рядовом посеве оно было равно 2620 тыс.м²дн/га, тогда как в засушливом 1989 г. — всего 1720 тыс.м²дн/га. Такое различие ФП обуславливается увеличением площади листьев посевов в благоприятных условиях и продолжительности периода активной фотосинтетической деятельности посевов.

Для установления связи ФП с урожайностью мы определили величину, показывающую, сколько семян образуется на единицу фотосинтетического потенциала (табл. 5).

В наших опытах в широкорядных посевах формировалось больше семян на 1 тыс. единиц ФП, чем в обычных рядовых, при одинаковых нормах высева во все годы исследований. В широкорядных посевах с увеличением густоты стояния этот показатель возрастал. В среднем за 3 года он был максимальным (1,65 кг) в варианте с нормой высева 0,6 млн/га. При недостатке влаги в 1989 г. менее плотный посев имел преимущество перед загущенным. Максимальное значение этого показателя (2,06 кг) отмечено в благоприятном по увлажнению 1990 г. в широ-

корядном посеве с нормой высева 0,6 млн/га.

Чистая продуктивность фотосинтеза, по данным А.И.Разумкина [8], снижается с увеличением нормы высева как в сплошных рядовых, так и в широкорядных посевах. Мы наблюдали подобную картину в своих опытах (табл. 4). В среднем за 3 года ЧПФ в период активной деятельности листьев составляла 3,49—4,37 и 3,53—4,25 г/м²·сут соответственно в обычных и широкорядных посевах в зависимости от густоты стояния растений. Уменьшение густоты приводило к увеличению ЧПФ. В сплошных рядовых посевах ЧПФ несколько выше, чем в широкорядных, при одинаковой густоте. Это, по-видимому, связано с более равномерным освещением растений в сплошных посевах. Наибольшая ЧПФ была в благоприятном по влажности 1990 г., когда высокие ее значения сохранялись до конца периода роста бобов, благодаря чему был получен максимальный урожай семян во всех вариантах.

Сбор зеленой массы и накопление сухого вещества в значительной степени зависели как от метеоусловий вегетационного периода, так и от густоты стояния растений. С увеличением нормы

Таблица 6
Наращение зеленой массы (ц/га) на конец периода (1989—1991 гг.)

Норма высева, млн/га	Период				Созревание
	I	II	III	IV	
0,8	188	315	337	246	126
0,6	108	195	225	142	66
0,6	132	238	282	198	100
0,4	82	147	184	114	53
0,4	100	165	232	165	85
0,2	47	107	152	102	40

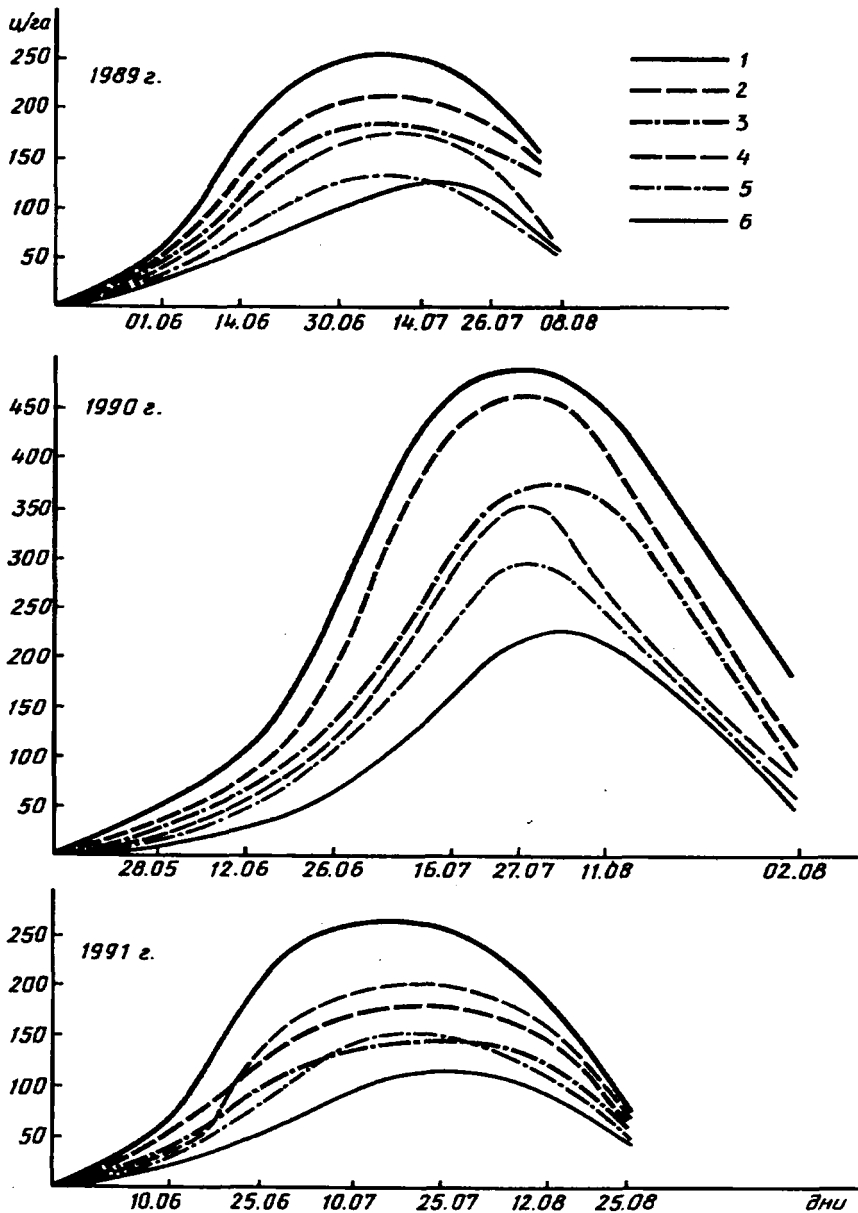


Рис. 2. Нарастание зеленой массы кормовых бобов.
 1, 2 и 3 — обычный рядовой посев с нормами высева соответственно 0,8, 0,4 и 0,4 млн/га;
 4, 5 и 6 — широкорядный посев с нормами высева соответственно 0,6, 0,4 и 0,2 млн/га.

Таблица 7

Среднесуточное накопление сухой надземной биомассы (кг/га)

Норма высева, млн/га	Период			
	I	II	III	IV
1989 г.				
0,8	66	115	93	50
0,6	35	77	86	20
0,6	62	100	86	36
0,4	28	62	86	17
0,4	52	100	71	50
0,2	17	62	79	33
1990 г.				
0,8	44	155	230	50
0,6	28	125	95	15
0,6	33	145	205	40
0,4	23	115	91	14
0,4	26	135	182	60
0,2	16	105	100	24
1991 г.				
0,8	70	127	88	6
0,6	46	80	72	13
0,6	52	107	74	12
0,4	39	67	60	7
0,4	42	73	75	6
0,2	30	67	48	12
В среднем за 3 года				
0,8	60	132	137	35
0,6	36	94	84	16
0,6	49	117	121	29
0,4	30	81	79	13
0,4	40	103	109	39
0,2	21	78	76	23

высева сбор зеленой массы возрастал при всех способах посева (табл. 6, рис.2). При этом обычный рядовой посев имел преимущество перед ширококорядным при одинаковой норме высева (например, 282 и 225 ц/га при норме высева 0,6 млн/га в среднем за 3 года).

Во все годы исследований максимальное накопление сырой массы наблюдалось в варианте с самой высокой нормой высева при обычном рядовом посеве и в благоприятном 1990 г. оно составило 500 ц/га, а в варианте с наименьшей нормой высева — всего 225 ц/га. При пониженной норме высева максимум накопления зеленой массы отмечался позднее, чем при повышенной, особенно в ширококорядных посевах.

Ход накопления сухой массы был таким же, как и зеленой. Чем больше густота стояния растений, тем выше урожай сухой биомассы (табл.4).

Однако если максимальное накопление сырой биомассы приходилось на конец III периода (рост бобов), то приросты сухой массы продолжались и во время налива семян. При наибольшей норме высева семян в среднем за 3 года сухая масса составила 72, при наименьшей — 40 ц/га. В благоприятном по увлажнению 1990 г. она была в 2 раза выше, чем в засушливом 1989 г.

Сырая и сухая биомасса одного растения всегда больше при низкой густоте стояния растений. Вместе с тем у сорта Альфред значения этих показателей изменялись в значительно меньшей степени, чем густота. Так, к примеру, в благоприятном 1990 г. при уменьшении нормы высева семян в 2, 3 и 4 раза сырая биомасса одного растения увеличивалась только в 1,2; 1,4 и 1,8 раза.

Наращение биомассы зависело от метеорологических условий года и было наиболее интенсивным в периоды цветения, образования и роста плодов (табл.7).

Среднесуточное накопление сухой массы повышалось с увеличением плотности стеблестоя как в ширококорядных, так и в обычных рядовых посевах, при-

Таблица 8

Накопление азота (кг/га) на конец периода

Норма высева, млн/га	Период			
	I	II	III	IV
1990 г.				
0,8	59	162	315	290
0,6	44	128	190	181
0,6	50	134	255	214
0,4	36	103	171	160
0,4	44	115	248	208
0,2	18	80	155	148
1991 г.				
0,8	50	95	172	185
0,6	42	74	124	132
0,6	52	90	153	156
0,4	32	62	110	114
0,4	45	78	122	133
0,2	28	53	98	100
В среднем за 2 года				
0,8	55	129	244	238
0,6	43	101	157	157
0,6	51	112	204	185
0,4	34	83	141	137
0,4	45	97	185	171
0,2	23	67	127	124

чем различия крайних вариантов составляли более 2 раз. В засушливых условиях максимальные среднесуточные приросты, особенно в сплошных посевах, отмечались в более ранний период — цветения и плодообразования.

Таким образом, посев кормовых бобов наиболее интенсивно функционирует как фотосинтезирующая система в течение II и III периодов, т.е. во время цветения, образования и роста плодов. В указанные периоды отмечают наиболее высокие за вегетацию средняя площадь листьев, фотосинтетический потенциал и среднесуточные приросты биомассы, а накопление сырой и сухой надземной биомассы составляет 60—70% максимальной за вегетацию. При этом влагообеспеченность является наиболее важным условием оптимизации фотосинтетической деятельности посевов кормовых бобов с ограниченным ростом.

Потребление азота, фосфора и калия

Густота стояния не влияла на содержание азота в сухом веществе растений. Наибольшим оно было в начальные фазы развития во всех вариантах и составляло 3,65—3,43% в зависимости от года. В период цветения и образования бобов общее содержание азота в растениях уменьшалось до 2,85—2,27%. В конце вегетационного периода — в фазу блестящих бобов и налива семян — оно снова повышалось до 3,25—3,02%. В благоприятном 1990 г. содержание азота было немного больше, чем в 1991 г.

С повышением нормы высева также увеличивалось и накопление азота посевами кормовых бобов (табл.8), причем в крайних вариантах норм высева (0,8 и 0,2 млн/га) различия достигали 2 раз.

Темпы накопления азота увеличи-

вались по мере развития растений и, были максимальными в III период. Среднесуточное накопление азота в этот период в крайних вариантах в среднем за 2 года составило 6,1 и 2,5 кг/га, а в 1990 г. — 7,7 и 3,0 кг/га.

Таким образом, кормовые бобы в благоприятных условиях способны накапливать большое количество азота — более 300 кг/га при выращивании без внесения азотных удобрений. По-

видимому, значительная часть этого азота была получена благодаря азот-фиксации, о чем свидетельствуют различия в симбиотическом потенциале: при максимальной норме высева в среднем за 2 года 5310, при минимальной — 2370 кг/дн/га.

Содержание фосфора в растениях в начальные фазы развития составляло 0,49—0,39% абсолютно сухой массы. В фазу цветения наблюдалось его снижение до 0,27 и 0,29% соответственно в 1990 и 1991 гг. С фазы образования бобов оно снова увеличивалось до 0,36—0,42% и оставалось практически неизменным до конца вегетации.

С фазы всходов до начала цветения наблюдалось повышение содержания калия до 2,23 и 2,88% соответственно в 1990 и 1991 гг. Затем вплоть до созревания шло снижение и к концу вегетации оно составляло 1,06 и 1,40%.

В благоприятном по увлажнению 1990 г. содержание фосфора было максимальным в начальные фазы развития, а в засушливом 1991 г. — к концу вегетации. Содержание калия во все фазы развития в 1991 г. было выше, чем в 1990 г.

Содержание фосфора и калия не зависело от густоты стояния растений.

Максимальное накопление фосфо-

Таблица 9

Накопление фосфора и калия (кг/га) на конец периода

Норма высева, млн/га	Период							
	I		II		III		IV	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
	1990 г.							
0,8	8	32	20	65	34	105	35	75
0,6	5	20	13	48	20	68	22	64
0,6	6	29	18	54	31	90	26	75
0,4	4	18	12	38	23	61	19	56
0,4	5	22	13	43	30	81	29	73
0,2	2	10	10	29	20	55	18	52
	1991 г.							
0,8	6	40	12	75	25	105	30	106
0,6	5	30	9	52	17	73	20	75
0,6	5	37	10	64	20	89	24	88
0,4	4	25	7	44	16	63	17	62
0,4	5	30	9	50	18	73	22	73
0,2	4	21	7	41	13	62	14	60
	В среднем за 2 года							
0,8	7	36	16	70	30	105	32	91
0,6	5	25	11	50	19	71	21	70
0,6	6	33	14	59	26	90	25	82
0,4	4	22	10	41	20	62	18	59
0,4	5	26	11	47	24	77	26	73
0,2	3	16	9	35	17	59	16	56

ра в биомассе отмечалось в конце периода налива семян (табл.9). Оно увеличивалось с повышением нормы высева. В отличие от этого максимальное накопление калия приходилось на более ранние фазы развития растений — на конец периода роста бобов, но зависимость от густоты стояния растений была такой же.

Урожайность и элементы структуры урожая

Урожай семян в вариантах с высокой густотой стояния во все годы был выше, чем в вариантах с меньшей густотой, независимо от способа посева. В среднем за 3 года максимальная урожайность была при самой высокой норме высева, а минимальная — при самой низкой (табл.10).

При норме высева 0,6 млн/га урожай семян в широкорядном посеве в среднем за 3 года оказался более высоким, чем в обычном рядовом, хотя ФП, ЧПФ и сбор сухой массы в последнем случае всегда был выше, чем в первом. Преимущество широкорядных посевов по

урожайности в этом случае явилось результатом лучшего использования растениями продуктов фотосинтеза для формирования семян, о чем свидетельствует более высокое значение $K_{\text{кон}}$ — 0,49 против 0,45 в обычном рядовом посеве. Можно также отметить, что в широкорядных посевах во все годы складывались более благоприятные условия для азотфиксации. Так, в среднем за 2 года общий симбиотический потенциал в таких посевах был выше, чем в обычных рядовых, при одинаковой норме высева примерно на 1000 кгдн/га.

При норме высева 0,6 млн/га сбор белка с семенами в благоприятных условиях составил в широкорядном посеве 980, в обычном рядовом — 860 кг/га, а доля выноса азота семенами — соответственно 82 и 54%.

Метеорологические условия сильно влияли на урожайность. Так, в благоприятном 1990 г. при максимальной густоте она была более чем в 3 раза выше, а при минимальной в 2,5 раза выше, чем в засушливом 1989 г. Средним по урожайности оказался 1991 г.

Таблица 10
Урожайность кормовых бобов и элементы структуры урожая

Норма высева, млн/га	Урожайность, ц/га				Элементы структуры урожая (в среднем за 3 года)			
	1989	1990	1991	в среднем	число бобов, шт.	число семян, шт.	масса семян, г	масса 1000 семян, г
					на 1 растение			
0,8	10,7	37,6	25,8	24,7	3,9	11	4,7	419
0,6	8,3	38,0	21,4	22,6	4,8	13	5,8	450
0,6	10,3	33,2	19,3	20,9	5,0	13	5,9	454
0,4	8,5	29,4	16,7	18,2	5,7	15	7,2	474
0,4	9,6	29,2	15,3	18,0	6,0	15	6,5	425
0,2	6,9	16,3	11,5	11,6	7,4	20	9,3	460
НСР ₀₅								
по фактору А	0,86	2,73	1,37	—	—	—	—	—
НСР ₀₅								
по фактору Б	1,22	3,86	1,94	—	—	—	—	—

С увеличением плотности стеблестоя как в обычных рядовых, так и в широкорядных посевах число бобов на растениях уменьшалось. То же можно сказать и о числе и массе семян на растениях.

Масса семян на одном растении при одинаковой норме высева была выше в широкорядных посевах по сравнению с обычными рядовыми.

Масса 1000 семян варьировала в среднем за 3 года в пределах 419—474 г. На этот показатель сильное влияние оказывали условия вегетационного периода. В благоприятном 1990 г. его значение было на 147—211 г выше, чем в засушливые годы.

Таким образом, наиболее высокие урожаи семян получены в обычном рядовом посеве при норме высева 0,8 млн/га, в широкорядном — при норме высева 0,6 млн/га. В благоприятных по влагообеспеченности условиях урожайность в этих вариантах была одинаковой (37,6 и 38,0 ц/га). При достаточной влагообеспеченности преимущество имеет широкорядный посев с нормой высева 0,6 млн/га. Здесь формируется больше семян на 1 тыс. единиц ФП и выше $K_{\text{хоз}}$, меньше семян расходуется на посев.

Заключение

В полевых опытах установлено, что кормовые бобы с ограниченным ростом (сорт Альфред) созревают в условиях Центрального района Нечерноземной зоны. Продолжительность вегетации от посева до полного созревания изменялась в зависимости от метеорологических условий при норме высева семян 0,6 млн/га от 137 до 96 дней (средняя за 3 года — 114 дней).

В развитии растений в посевах выделены отдельные периоды. Причем на-

чальный (посев — всходы со средней продолжительностью 17 дней) и конечный (созревание — 11 дней) периоды характеризуются отсутствием накопления биомассы и фотосинтеза. В остальное время вегетации, когда осуществляется фотосинтез и формируется урожай, рассматриваются 4 периода: I — от всходов до начала цветения (35 дней); II — цветение и образование плодов (16 дней); III — рост плодов (18 дней); IV — налив семян (17 дней). Границы периодов определены на основании фенологических наблюдений, а также показателей формирования элементов продуктивности и фотосинтетической деятельности посевов.

Посев кормовых бобов как фотосинтезирующая система наиболее интенсивно функционирует во II и III периоды. За это время ФП составляет 60% общего за вегетацию, а накопление сырой и сухой биомассы — 64% (от 55 до 70% в зависимости от условий вегетации). Площадь листьев у кормовых бобов увеличивается наиболее высокими темпами во II период и достигает к его концу максимального уровня.

Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и другие показатели формирования урожая зависят от нормы высева (густоты стояния растений) и способа посева. Чем больше норма высева, тем интенсивнее нарастание площади листьев и тем она больше, выше также и ФП. При изменении нормы высева в 4 раза (с 0,8 до 0,2 млн/га) площадь листьев, ФП и потребление азота уменьшались в 2 раза. ЧПФ, напротив, увеличивается при уменьшении густоты стояния. Она изменялась от 3,1 до 4,8 г/м²сут в зависимости от густоты стояния растений и условий вегетации.

Регулировать фотосинтетическую деятельность посевов с целью создания не

только высокого ФП, но и лучшего использования растениями продуктов фотосинтеза на формирование, рост бобов и налив семян можно также путем оптимизации (с помощью нормы высева и способа посева) густоты стояния растений и их размещения на поверхности. Хорошие результаты показал широко-рядный посев при норме высева семян 0,6 млн/га. При большем загущении (0,8 млн/га) хотя и обеспечиваются более высокие ФП и нарастание биомассы, однако семенная продуктивность в расчете на единицу ФП здесь значительно ниже. В широко-рядных посевах формируется больше семян на 1 тыс. единицы ФП, чем в сплошных рядовых.

Метеорологические условия оказывают большое влияние на фотосинтетическую деятельность и урожайность кормовых бобов. При недостатке влаги (1989 г.) урожайность семян была в 4 раза меньше, чем при достаточной влагообеспеченности растений (1990 г.). В благоприятных условиях кормовые бобы накапливают с урожаем биомассы до 250—300 кг азота на 1 га без внесения азотных удобрений. При недостатке влаги значение этого показателя снижается в 1,5—2 раза, что связано с ухудшением фотосинтетической деятельности растений и плохим развитием клубеньков.

При выращивании кормовых бобов с ограниченным ростом (сорт Альфред) в условиях Центрального района Нечерноземной зоны можно рекомендовать норму высева семян 0,6 и 0,8 млн/га соответственно при широко-рядном и обычном рядовом способах посева. В таких посевах при достаточной влагообеспеченности урожай семян может достигать 38 ц/га, сбор белка с семенами — 970—980 кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабин С.И.* Некоторые вопросы биологии и агротехники кормовых бобов в условиях Центрального района Нечерноземной полосы. — Автореф. канд. дис. 06.01.09. М., 1965. — 2. *Бранцевич С.Ф.* Биологические и технологические основы формирования высокой урожайности кормовых бобов. — В сб.: Биол. и агротехн. основы интенсификации растениеводства. Горки, 1987, с. 49—55. — 3. *Гатаулина Г.Г.* Применение системного подхода при анализе изменчивости показателей формирования урожая люпина белого по периодам развития. — Изв. ТСХА, 1987, вып. 6, с. 53—67. — 4. *Ковалев А.П.* Технология выращивания кормовых бобов в Нидерландах. — Зерн. хоз-во, 1984, № 2, с. 33—35. — 5. *Летуновский В.И.* Высокопродуктивная культура. — Зерн. хоз-во, 1981, № 1, с. 35—36. — 6. *Онищук Д.Н.* Особенности формирования урожая кормовых бобов в условиях Львовской области в зависимости от способов посева, норм высева и удобрений. — Автореф. канд. дис. Дубляны, 1982. — 7. *Разумкин А.И.* Способы посева и нормы высева кормовых бобов в условиях Ивановской области. — Автореф. канд. дис. Иваново, 1986. — 8. *Hebblethwaite P.D.* Faba bean research in europe. — In: *Vicia faba: Agronomy, Physiology and Breeding*. U.K., 1984, p. 297—333. — 9. *Hebblethwaite P.D., Hawin G.C., Lutmann P.J.* The husbandry of establishment and maintenance. — In: *The Faba bean (Vicia faba L.) A basis for improvement*. L., 1983, p. 271—308. — 10. *Kahnt G.* — *Agron. Crop Sci.*, 1988, vol. 160, N 2, p. 83—88. — 11. *Pilbeam C., Hebblethwaite P.D., Clark A.S.* — *Field crop res.*, 1989, vol. 21, N 3/4, p. 203—214.

Статья поступила 23 июля 1993 г.

SUMMARY

In field experiments 2 methods of sowing broad beans of Alfred variety with different sowing rates were studied. Indices of photosynthetic activity are considered by the periods of development. It has been found that the sowing of broad beans as a photosynthesizing system functions most intensively in II and III periods — blossoming, fruit formation and fruit growing. During this time photosynthetic potential makes up 60%, and accumulation of wet and dry biomass — 64% of the total during the growing period. In 1990 nitrogen accumulation in the biomass made up 250—300 kg/ha, with lack of moisture in 1989 it was 1.5—2 times lower, the yield of seed became 4 times lower.

With growing broad beans with limited growth (Alfred variety) in Central region of Non-chernozem zone of Russia, the sowing rate of 0.6 and 0.8 mln seed per 1 ha respectively with wide-row sowing and usual drilled sowing is recommended. In 1990 with favourable supply of moisture the yield of seed in these variants made up 37.6 and 38.0 hw/ha, the collection of protein with seed yield — 970—980 kg/ha.